

文章编号: 0258-702X(2002)01-0007-03

# 印刷电路板预电离小型 TEA CO<sub>2</sub> 激光器

程 亮, 万重怡, 周锦文, 王东蕾, 吴 谨, 谭荣清

(中国科学院电子学研究所, 北京 100080)

**提要** 研制了一种新型的预电离结构——印刷电路板预电离器, 将其作为一种分布式电容耦合器放置于 TEA CO<sub>2</sub> 激光器主放电电极的两侧, 产生了非常均匀的预电离。测量了不同气压下印刷电路板预电离小型 TEA CO<sub>2</sub> 激光器的输出特性。

**关键词** TEA CO<sub>2</sub> 激光器, 印刷电路板预电离, 分布式电容耦合, 扩展性 Chang 电极

中图分类号 TN 248.2+2 文献标识码 A

## A Mini TEA CO<sub>2</sub> Laser Using Printed Circuit Board Preionization

CHENG Liang, WAN Chong-yi, ZHOU Jin-wen,

WANG Dong-lei, WU Jin, TAN Rong-qing

(The Institute of Electronics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**Abstract** A new type of preionization-PCB (printed circuit board) preionization is studied. As a distributing capacitor's coupling apparatus, PCB preionizer is placed on both sides of the main discharge electrodes and creates quite uniform preionization. Output characteristics of a mini TEA CO<sub>2</sub> laser using PCB preionization are measured at different pressures of the laser media.

**Key words** TEA CO<sub>2</sub> laser, printed circuit board preionization, distributing capacitor's coupling, extending Chang's electrode

## 1 引 言

在横向放电激励的脉冲气体激光器如 TEA CO<sub>2</sub> 激光器中, 为了获得大体积均匀的辉光放电, 一般采用“预电离”技术。常用的预电离技术有电容器耦合的火花针列阵放电预电离<sup>[1]</sup>、电晕预电离<sup>[2]</sup>、半导体预电离<sup>[3]</sup>等。各种预电离结构各有优缺点。火花针列阵预电离结构较复杂, 预电离强度在沿主放电电极长度方向由于分立的电容器的有限数量而均匀性不好, 另外强烈的火花放电产生 CO<sub>2</sub> 气体分子的分解, 降低了激光器的“一次充气工作寿命”。电晕预电离产生的预电离电子强度比较弱, 一般只适合小型 TEA 激光器。半导体预电离是采用半导体材料作为一种分布式电阻耦合器, 产生均匀的预电离。但是半导体材料价格昂贵, 而且电阻率及电阻率的均匀性难以控制, 一般也只适合于小型 TEA 激光器。

本文提出一种新型的预电离结构——“印刷电

路板预电离”。采用双面敷铜的印刷电路板作为一种分布式电容耦合器, 产生了非常均匀的预电离。

## 2 结 构

### 2.1 激光器结构

印刷电路板预电离激光器电极结构如图 1(a) 所示, 主放电电极采用扩展性 Chang 电极<sup>[4]</sup>, 由平面电极 A, 曲面电极 B 组成。印刷电路板预电离器 D 由底板电极 D<sub>1</sub>, 窄条电极列阵 D<sub>2</sub>, 绝缘环氧板 D<sub>3</sub> 和窄条电极连接片列阵 D<sub>4</sub> 组成。

主放电 A, B 间距  $D = 10 \text{ mm}$ , 电极 A, B 的设计保证了放电宽度为  $10 \text{ mm}$ , 激光器的增益长度为  $L = 350 \text{ mm}$ 。

当外部脉冲电源产生的高压脉冲加于主放电平面电极 A 上时, 首先在平面电极 A 和窄条电极连接片列阵 D<sub>4</sub> 之间产生预电离放电, 然后在主放电电极 A, B 之间产生均匀的主放电。

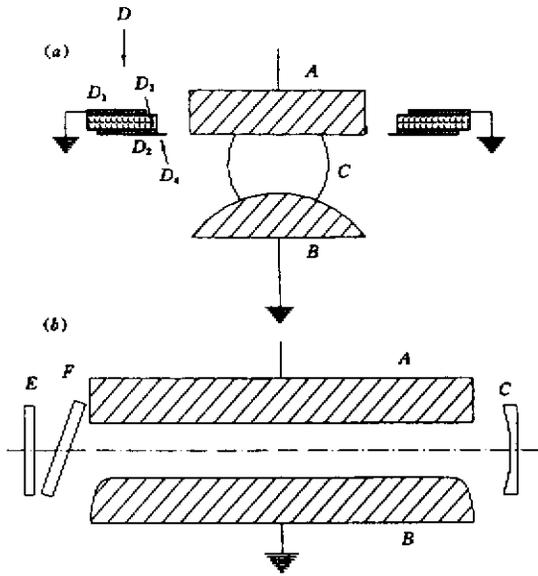


图 1 激光器结构

(a) 正视图 (b) 侧视图

A : 平面电极 ; B : 曲面电极 ; C : 全反射镜 ;

D : 印刷电路板预电离器 ; E : 输出镜 ; F : Brewster 窗

Fig.1 Laser structure

(a) front view ; (b) side view

A : plane electrode ; B : curved electrode ; C : reflector ; D : printed circuit board preionizer ; E : output mirror ; f : Brewster window

实验中激光器采用半外腔结构,如图 1(b),由一个曲率半径为 4 m 的镀金凹面铜镜 C,一个硒化锌 Brewster 窗 F 以及一个锗输出镜 E 构成。铜镜的反射率为 98% 输出镜为未镀膜的法布里-泊罗干涉具。腔长 580 mm。

### 2.2 印刷电路板结构

用于产生预电离的印刷电路板结构如图 2 所示。

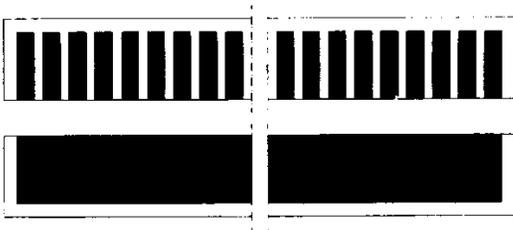


图 2 印刷电路板结构

Fig.2 PCB structure

图 2 中,上图为环氧板一面的窄条电极阵列,下图为环氧板另一面的底板电极,每个窄条电极与底板电极形成一个小电容,因此,窄条电极阵列与底板

电极形成一个均匀分布的电容器列阵。每一个小的印刷电路预电离电容的电容量为

$$C = 8.9 \times (\epsilon \times S / d)$$

式中  $\epsilon, S, d$  都采用 SI 单位制,  $C$  的单位为 pF。其中  $\epsilon$  为相对介电常数,  $S$  为一个窄条电极的面积,  $d$  为电容两电极的间距。在我们的设计中,  $S = 150 \text{ mm}^2, d = 3 \text{ mm}$  环氧板的  $\epsilon = 4$ , 因此, 每一个小电容为  $C = 1.8 \text{ pF}$ 。

在每一个窄条电极上焊上 3 mm 宽的镍片, 形成窄条电极连接片阵列, 用以与平面电极边缘产生预电离放电。

### 3 实验结果

实验中采用  $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} : \text{CO} : \text{H}_2 = 15.9 : 15.1 : 64.46 : 4.51 : 1.03$  的混合气体, 储能电容分别为 16 nF, 20 nF, 24 nF, 充电电压在 13 ~ 20 kV 范围变化。总预电离电容为 183.6 pF。在距输出端 4 m 处放置 Gentec ED-200 型能量计测量激光输出能量。

在 50.2 kPa, 80.4 kPa 以及 101.2 kPa 三种不同气压下分别测得最大输出能量为 128.4 mJ, 152.4 mJ, 217.0 mJ, 实验是在脉冲重复频率为 0.5 Hz 的情况下进行的, 输出能量的不稳定性小于 2%。

图 3 为总气压 101.2 kPa 时激光输出能量与电容器储能的关系。用锗光子牵引探测器和 100 MHz 存储示波器 (Tekronix TDS220) 测量激光器的输出光脉冲波形, 脉冲半高宽为 60 ns, 如图 4 所示 (图中横坐标为 250 ns/格)。

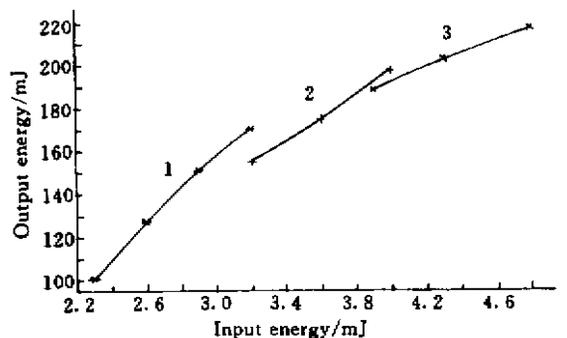


图 3 激光输出能量与电容器储能的关系曲线

Fig.3 Laser output energy versus capacitor's storage energy

1 : 16 nF ; 2 : 20 nF ; 3 : 24 nF

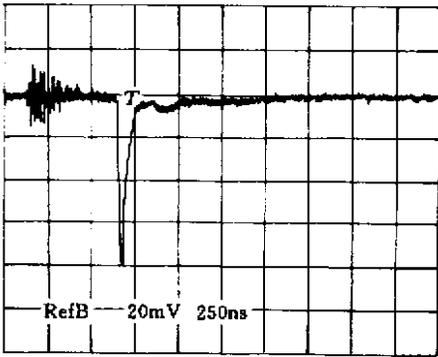


图4 输出光脉冲波形

Fig.4 Output laser pulse

## 4 分析与讨论

这种新型的印刷电路板预电离结构,由于条形电极的数量可以设计得很大,每个条形电容器的电容量都精确地一致,因此预电离沿主放电长度方向分布的均匀性好,利于形成均匀无弧的主放电。并且由于条形电极的数目可以设计得很大,每个条形电极放电的电流相对地较小(在总的预电离能量消

耗相同的情况下)。实验结果表明,采用这种预电离结构,预电离放电和主放电都很均匀。与本实验室中采用电容器耦合火花针预电离和电晕预电离的小型 TEA CO<sub>2</sub> 激光器相比,该激光器能够注入较大的能量,放电的  $E/P$  值比较好,并且具有较大的输出能量。

另外,这种新型的印刷电路板预电离结构的激光器结构更加紧凑,将有利于改善气体高速流动系统,提高脉冲重复频率。

## 参 考 文 献

- 1 O. P. Judd. An efficient electrical CO<sub>2</sub> laser using preionization by ultraviolet radiation[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **22**(3): 95 ~ 96
- 2 R. Marchetti, E. Penco, G. Salvetti. A new type of corona-discharge photoionization source for gas lasers[J]. *J. Appl. Phys.*, 1984, **56**(11) 3163 ~ 3168
- 3 K. R. Rickwood. A semiconductor preionizer for transversely excited atmospheric CO<sub>2</sub> lasers[J]. *J. Appl. Phys.*, 1982, **53**(4) 2840 ~ 2842
- 4 Sheng Yugang, Wan Chongyi. Design of 3D uniform field electrodes[J]. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2000, **27**(12): 1093 ~ 1096 (in Chinese)